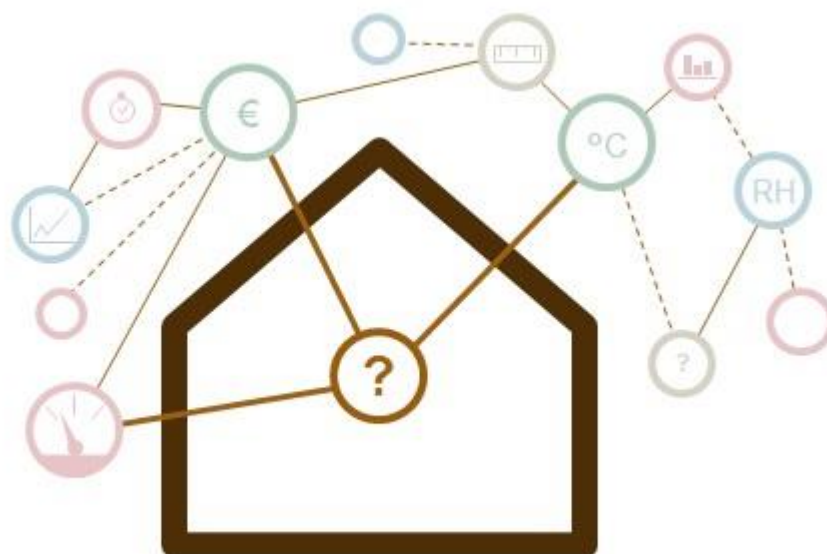


EVALUATING ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

Energy- and moisture performance considering future climate change

Sammanfattning av SBUF-projekt 12888: Klimatskal 2019 - Etapp II



Björn Berggren

2019-09-10

Här sammanfattas SBUF-projekt 12888: Klimatskal 2019 - Etapp II.

Projektet, som har finansierats av SBUF och Skanska Sverige AB, har bedrivits som ett doktorandprojekt vid LTH. Projektet, som sammanfattas här, har i huvudsak rapporterats genom doktorsavhandling [1]. Utöver de artiklar som avhandlingen baseras på [2-17], har kraft även lagts på att löpande sprida information via konferenser, rapporter och populärvetenskapliga artiklar [18-43].

INTRODUKTION – BAKGRUND

Den pågående klimatförändringen på vår planet är en av de största utmaningarna som världen står inför idag. Misslyckas vi med att begränsa klimatförändringarna kan det ge allvarliga och oåterkalleliga konsekvenser för vår planet och för oss människor. Nästan en femtedel av all generering av växthusgaser kan härledas till byggnaders drift (energi-användning, reovering m.m.). Därför är minskad energianvändning och användande av förnybar energi mycket viktiga åtgärder för att begränsa pågående klimatförändring.

En vanlig åtgärd för att förbättra byggnaders energiprestanda är att minska värmeförlusterna genom dess klimatskal med mer isolering eller med isolering med lägre värmekonduktivitet än vad som normalt används. Detta leder till att mikroklimatet i byggnaders klimatskal förändras.

Ofta baseras bedömningar av byggnadsdelar kvaliteter på erfarenheter. Man använder tumregler och gör ”som man alltid gjort”. I och med klimatförändringarna på vår planet kommer att ge oss ett mer extremt klimat och att minskade värmeförluster i klimatskal förändrar förutsättningarna behöver byggnadsdelar och byggnader utformas för att ta hänsyn till detta, där fuktsäkerhet är en viktig faktor.

Syftet med projektet var att undersöka olika metoder och prestandaindikatorer för utvärdering av energi- och fuktprestanda samt mervärden som kan uppstå i s.k. ”gröna byggnader”. Vidare har en modell för utvärdering av byggnaders energi- och fuktprestanda, inklusive mervärden som kan uppstå, tagits fram.

För arbetet formulerades fem forskningsfrågor:

1. Är det möjligt att identifiera olika typiska byggnader och byggtekniker i det befintliga bostadsbeståndet?
2. Kommer köldbryggor bli en viktigare aspekt i klimatskal?
3. Hur kan energi- och fuktprestanda samt gröna mervärden utvärderas?
4. Kommer ökat värmemotstånd och klimatförändringar öka risken för mögel i klimatskal?
5. Hur kan en metod som kombinerar olika prestandaindikatorer användas vid utvärdering av byggnader och klimatskal?

Arbetet inleddes med en genomgång av historisk data för Sveriges befintliga bostäder. Därefter genomfördes litteraturstudier och fallstudier för att undersöka olika sätt att värdera energi- och fuktprestanda samt gröna mervärden. En metod för utvärdering baserat på MCDM (Multiple Criteria Decision Making) utvecklades och testades.

RESULTAT

Bostadsbeståndet i Sverige

Genomgången av data för bostäder i Sverige från 960-talet till 1990-talet baseras på låneobjektsstatistik från Statistiska centralbyrån som ej tidigare varit tillgänglig i en databas. I och med detta arbete har denna data sammanställts och gjorts tillgänglig.

Genomgången visar att det finns en relativt stor homogenitet i bostadsbeståndet men att det inte går att använda en specifik referensbyggnad eller byggnadsteknik som är representativ. Ett antal referensbyggnader och byggnadstekniker behöver användas för fortsatta studier. I Sverige är de vanligaste väggtyperna för flerbostadshus träutfackningsväggar med tegelfasad, lättbetongväggar med puts och betongsandwichväggar. De vanligaste väggtyperna för småhus är regelväggar i trä med träfasad eller tegelfasad. För småhus är det vanligt med takkonstruktioner med och utan kallvind.

Energiprestanda

Gällande energiprestanda för ytterväggar och köldbryggor, så ökar köldbryggornas andel av och påverkan på ett klimatskals totala värmeförluster när värmeförlusterna minskas (med mer eller bättre isolering). Kunskapen kring köldbryggor i Sverige är inte tillfredsställande. Det behövs mer utbildning samt handböcker och beräkningsstöd.

Gällande energiprestanda för byggnader så visar fallstudierna att det går att bygga Netto-nollenergibyggnader med de tekniska lösningar som finns tillgängliga idag. Fallstudierna visar också på komplexiteten avseende interagerande med energinät. I ett nordiskt klimat är det svårt att använda en stor del av den egengenererade energin i byggnaden vilket innebär en belastning på energinät vid export.

Det är viktigt att följa upp och verifiera byggnaders energiprestanda i drift för att undersöka om eventuell diskrepans mot beräknad energiprestanda beror på avvikande förutsättningar/användande av byggnad eller om det beror på något fel. För att kunna identifiera detta är det viktigt att uppmätt energianvändning normaliseras.

Normalisering för avvikande användning av byggnad visar större effekt jämfört med avvikande utomhusklimat.

Gällande ”inbyggd energi” (energi som krävs för att uppföra, renovera och riva byggnad) så ökar behovet av att ta hänsyn till detta när Netto-nollenergibyggnader och liknande uppförs. Miljöpåverkan av energianvändning i drift är mycket låg i denna typ av byggnader och därmed blir den relativa miljöpåverkan från den inbyggda energin stor. Att ta steget från en vanlig byggnad uppförd enligt dagens byggregler till en Netto-nollenergibyggnad innebär att den inbyggda energin ökar något. Ökningen är dock väldigt liten jämfört med den minskning som uppnås i driftsfasen.

Fuktprestanda

De simuleringar som utförts visar att det är möjligt att öka värmemotstånd i träkonstruktioner utan att öka risken för mögel.

Det är inte enbart trä som kan få mögelpåväxt. Dock så uppträder vanligtvis mögelpåväxt på trä innan den uppstår på exempelvis skivmaterial. Andra problem, på grund av fukt, kan också uppstå. Exempelvis krympning/svällning, rost m.m. Dessa uppstår vanligtvis efter mögelpåväxt initieras. Därav är det viktigt att utvärdera risken för mögelpåväxt eftersom det är ett av de första problemen som kan uppstå.

Risker för mögelpåväxt på grund av klimatförändringar i Sverige
Simuleringar med klimatscenariodata visar ökad risk för mögelpåväxt i konstruktioner i framtiden. Simuleringarna visar också att bristande utförande som medger inträngning av slagregn ökar också risken för mögelpåväxt.

Biologiskt nedbrytbara material, exempelvis träreglar, bör alltid förses med utvändigt isolering mot utemiljö för att minska risken för mögelpåväxt. Minskning av byggfukt har också positiv effekt och åtgärder för att minimera byggfukt bör alltid utvärderas i byggprojekt.

Effekten av utvändigt isolering, minskad byggfukt och noggrant utförande minskar risken för mögelpåväxt, där den minskningen är större än den ökade risken för mögelpåväxt på grund av framtida klimat.

Ökat värde i gröna byggnader

Fallstudierna visar att det kan vara mycket lönsamt att bygga gröna byggnader om man inkluderar de mervärden som kan uppstå i denna typ av byggnader. Det kan vara mer lönsamt i lokaler jämfört med bostäder. Även om mervärdena antas vara låga så kan de få en stor påverkan på lönsamheten. Fler mervärden än de som inkluderats i fallstudierna bör vara möjliga att inkludera.

Modell för utvärdering

Multiple Criteria Decision Making (MCDM) kan hjälpa intressenter att öka transparensen i beslutsfattandet och förståelsen för subjektiva val. Fallstudierna visar att det är möjligt att utvärdera både energi- och fuktprestanda och sammanväga dem till en prestanda. Det bör vara möjligt att använda MCDM i större utsträckning i byggbranschen. MCDM ger dock inte ett absolut "rätt svar" eller optimum eftersom värderingen baseras på ställningstagande från intressenterna.

Gemensamt för alla beräkningar och värderingar, oavsett om det är energi- eller fuktprestanda eller andra värden, är att det alltid är viktigt att tydligt redovisa randvillkoren för beräkningarna eftersom de kan ha stor påverkan på resultatet.

Slutsatser i relation till forskningsfrågorna

Är det möjligt att identifiera olika typiska byggnader och byggtekniker i det befintliga bostadsbeståndet?

Baserat på det tillgängliga dataunderlaget går det att dra vissa slutsatser avseende bostadsbeståndet i Sverige.

Avseende flerbostadshus så är ytterväggar (inklusive väggar och dörrar) viktiga eftersom de står för cirka 50-75 % av flerbostadshus klimatskal. Träutfackningsväggar med tegelfasad är vanliga i hela Sverige. Vidare så är lättbetongväggar med puts vanliga i Stockholmsregionen och i icke-storstadsregioner. Betongsandwichväggar är vanliga i storstadsregioner.

För småhus är både ytterväggar och takkonstruktioner viktiga. Träregelkonstruktioner med tegelfasad eller träfasad upptar mer än 80 % av uppförda byggnader för den undersökta perioden. För småhus är det vanligt med takkonstruktioner med och utan kallvind.

Sammantaget visar dataunderlaget att det är möjligt att identifiera vissa typiska byggnader och byggtekniker men att det inte går att avgränsa det till en typisk byggnad och/eller byggnadstyp.

Kommer köldbryggor bli en viktigare aspekt i klimatskal?

Fallstudierna visar att om inga åtgärder görs för köldbryggor, i samband med att klimatskalet i övrigt förbättras genom ökat värmemotstånd, så ökar den relativa påverkan av köldbryggorna. Samtidigt så visar de undersökta Netto-nollenergibyggnaderna att det är möjligt att utforma sådana byggnader där påverkan från köldbryggor är liten. Således så spelar köldbryggor en stor roll i utformande av Netto-nollenergibyggnader och andra lågenergibyggnader.

Det finns ett stort behov av att öka kunskapen om köldbryggor i Sverige

Hur kan energi- och fuktprestanda samt gröna mervärden utvärderas?

Avseende energiprestanda så är det ofta underförstått att detta innebär årlig energianvändning fördelat på golvarea (i Sverige A_{temp}). Olikheter finns dock mellan olika länders byggregler och definitioner av Netto-nollenergibyggnader. De vanligaste skillnaderna avser vilken energianvändning som inkluderas (värme, varmvatten, belysning, osv.) och vilka enheter som används (köpt energi, primärenergi, osv.). För att öka transparensen och kunskapsöverföringen bör definitioner alltid presenteras baserat på det ramverk som arbetades fram i IEA SHC Task 40/ECBS Annex 52.

Inom dessa studier har ingen europeisk standard eller ramverk hittats som beskriver hur fuktprestanda kan presenteras. Gränsvärden för olika material och olika modeller för att utvärdera risken för mögelpåväxt har identifierats. Dessa skulle kunna användas som ett underlag för att utveckla fuktprestanda, så att detta snarare skulle beskrivas som en prestanda indikator istället för som idag, risk för problem/fel.

Studier finns som kan användas som grund för att kvantifiera mervärden i gröna byggnader och att det kan vara mycket lönsamt att ta hänsyn till detta. Det kan dock vara svårt att mäta dessa mervärden (exempelvis ökad produktivitet).

Gemensamt för alla beräkningar och värderingar, oavsett om det är energi- eller fuktprestanda eller andra värden, är att det alltid är viktigt att tydligt redovisa randvillkoren för beräkningarna eftersom de kan ha stor påverkan på resultatet.

Kommer ökat värmemotstånd och klimatförändringar öka risken för mögel i klimatskal?

Simuleringarna visar att risken för mögelpåväxt i konstruktioner ökar på grund av pågående klimatförändringar. Dessa simuleringar är dock utförda för ett klimatscenario och för träkonstruktioner. Simuleringarna visar att det går att kraftigt minska risken för mögelpåväxt genom följande åtgärder:

- Biologiskt nedbrytbara material, exempelvis träreglar, bör alltid förses med utvändigt isolering mot utemiljö
- Under produktionsfasen bör alla rimliga åtgärder för att minska byggfukt vidtas

Byggnader förväntas ha lång livslängd. Det är därför viktigt att ta hänsyn till framtida klimat. Det finns därför ett stort behov av klimatdata som kan användas vid utformning och dimensionering av byggnader. Både underlag för normalår och extrema år behövs.

Hur kan en metod som kombinerar olika prestandaindikatorer användas vid utvärdering av byggnader och klimatskal?

Energi – och fuktprestanda samt gröna mervärden uttrycks i många olika enheter och på många olika sätt. En modell har utvecklats och testats. Modellen är öppen och bestämmer ej vilka specifika indikatorer som ska användas. Modellen kan hantera ett stort antal indikatorer.

REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT ARBETE

Det sammanställda dataunderlaget för det befintliga bostadsbeståndet bör användas för vidare studier då det finns ett stort behov av att renovera dessa byggnader.

Klimatscenedata som kan användas för simuleringar behöver utvecklas och göras publikt tillgängligt. Det finns även behov av att utveckla fuktprestandabegrepp. Som ett första steg skulle gemensam branschstandard kunna utvecklas.

Normalisering av uppmätt energianvändning behöver vidareutvecklas samt indikatorer för hur man kvantifierar belastning på energinät som kan användas redan i projekteringsfas för att minska denna belastning.

Kunskapen kring köldbryggor i Sverige är inte tillfredsställande. Det behövs mer kunskap/utbildning samt handböcker och beräkningsstöd.

Det finns också behov av ett MCDM-verktyg som är anpassade för byggbranschen. Ett sådant verktyg skulle kunna vara baserat på den metod som har utvecklats i detta projekt.

REFERENSER

1. Berggren, B., Evaluating energy efficient buildings: energy- and moisture performance considering future climate change, Department of Architecture and Built Environment. 2019, Lund University: Lund.
2. Berggren, B., et al., *Net ZEB office in Sweden – A case study, testing the Swedish Net ZEB definition*. International Journal of Sustainable Built Environment, 2012. **1**(2): p. 217-226.
3. Berggren, B., M. Hall, and M. Wall, *LCE analysis of buildings – Taking the step towards Net Zero Energy Buildings*. Energy and Buildings, 2013. **62**: p. 381-391.
4. Berggren, B. and M. Wall, Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes – Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. Energy and Buildings, 2013. **65**: p. 331-339.
5. Berggren, B. and M. Wall, Two methods for normalisation of measured energy performance – a test on a net zero-energy building in Sweden. Buildings, 2017. **7**(4).
6. Berggren, B. and M. Wall, State of knowledge of thermal bridges – a follow up in Sweden and a review of recent research. Buildings, 2018. **8**(11).
7. Berggren, B. and M. Wall, Review of Constructions and Materials Used in Swedish Residential Buildings during the Post-War Peak of Production. Buildings, 2019. **9**(4).
8. Berggren, B. and M. Wall, Thermal bridges in passive houses and nearly zero-energy buildings, 4th Nordic Passive House Conference. 2011: Helsinki.
9. Berggren, B. and M. Wall, The importance of a common method and correct calculation of thermal bridges, 9th Nordic Symposium on Building Physics. 2011: Tampere.
10. Berggren, B., H. Stenström, and M. Wall, A parametric study of the energy and moisture performance in passive house exterior walls. 4th Nordic Passive House Conference. 2011.
11. Berggren, B., et al., Evaluation and optimization of a Swedish NetZEB, Using Load matching and Grind interaction Indicators, BSO 12. 2012: Loughborough.
12. Berggren, B. and M. Wall, Moisture Conditions in Exterior Walls for Net Zero Energy Buildings in Cold Climate Considering Future Climate Scenario, 7th International Cold Climate HVAC Conference. 2012: Calgary.
13. Berggren, B. and M. Wall, Hygrothermal conditions in exterior walls for passive houses in cold climate considering future climate scenario, 5th Nordic Passive House Conference. 2012: Trondheim.

14. Berggren, B., M. Wall, and Å. Togerö, Profitable Net ZEBs – How to break the traditional LCC analysis, International Conference on Energy, Environment and Economics (ICEEE). 2017: Edinburgh.
15. Berggren, B., A Net ZEB Case Study—Experiences from Freezing in Ventilation Heat Exchanger and Measured Energy Performance, Cold Climate HVAC 2018. 2018: Kiruna.
16. Berggren, B., et al., Normalisation of Measured Energy Use in Buildings—Need for a Review of the Swedish Regulations, Cold Climate HVAC 2018. 2018: Kiruna.
17. Berggren, B., et al., LCC analysis of a Swedish Net Zero Energy Building – Including Co-benefits, International Sustainable Energy Conference (ISEC). 2018: Graz.
18. Berggren, B., Å. Togerö, and C.S. Tengberg, Fuktsäkerhet och isolering i välisolerade hus - hur kan takkonstruktioner optimeras? Bygg och Teknik. 2010.
19. Marszal, A.J., et al. North European Understanding of Zero Energy/Emission Buildings. Renewable Energy Conference 2010. Trondheim.
20. Berggren, B. and M. Wall, Underlag för energirenovering - en genomgång av tillgänglig låneobjektsstatistik, Bygg och Teknik. 2011.
21. Berggren, B., U. Janson, and M. Wall, Nationella och internationella erfarenheter från energirenovering med stor energibesparing, Bygg och Teknik. 2011.
22. Berggren, B. and M. Wall, Se byggsystemet - inte byggdelen - vid beräkning av energiförluster, Bygg och Teknik. 2012.
23. Berggren, B., et al., Att definiera nollenergibyggnader - en internationell angelägenhet, Bygg och Teknik. 2012.
24. Olofsson, T., et al., Kravhantering, produkt- och projektutveckling av industriella byggkoncept. 2012. SBUF-rapport.
25. Berggren, B., et al., Arkitekten och brukaren har makten över inomhustemperaturen! Bygg och Teknik. 2013.
26. Berggren, B., et al., The architects and the residents are in charge of the indoor temperature, Passivhus Norden 2013. Göteborg.
27. Berggren, B. and H. Davidsson, Innovative solution for heat recovery of ventilation air in older apartment buildings - with low intervention affecting the residents in Passivhus Norden 2013. Göteborg.
28. Berggren, B., U. Janson, and J. Nordström, Inomhustemperatur i flerbostadshus – är det skillnad mellan passivhus och ”vanliga” flerbostadshus? Bygg och Teknik. 2013.
29. Berggren, B., E. Karlsson, and C. Engström, Inomhustemperaturer och solvärmelast – hänger det ihop? Bygg och Teknik. 2013.

30. Berggren, B. and Å. Togerö, Väla Gård - LEED-etta i Europa. En lönsam affär? Bygg och Teknik. 2013.
31. Berggren, B., P. Kempe, and Å. Togerö, Väla Gård - a Net Zero Office Building in Sweden, REHVA Journal. 2014.
32. Berggren, B., P. Kempe, and Å. Togerö, Nollenergikontoret Väla Gård - Hur går det? Bygg och Teknik. 2014.
33. Noris, F., et al., Implications of weighting factors on technology preference in net zero energy buildings. Energy and Buildings, 2014. **82**: p. 250-262.
34. Berggren, B. and Å. Togerö, Solalén i Växjö -Sveriges första nolenergibostäder? Bygg och Teknik. 2015. SBUF-rapport.
35. Larsson, T. and B. Berggren, *Undvik fel och fällor med köldbryggor*. 2015.
36. Wahlström, Å., et al., Decision Making Process for Constructing Low-Energy Buildings in the Public Housing Sector in Sweden. Sustainability, 2016. **8**(10): p. 1072.
37. Berggren, B., M. Wall, and Å. Togerö, Solalén - uppföljning av energiprestanda för ett netto-nollenergihus, Bygg och Teknik. 2016.
38. Berggren, B. and R. Westin, Komfortgolvvärme i flerbostadshus - Olika tekniska lösningar och beräkningsmetodikers påverkan på energiprestanda. 2016. SBUF-rapport.
39. Berggren, B. and R. Westin, Komfortgolvvärme - stor potential för att minska/öka energianvändningen, Bygg och Teknik. 2016.
40. Berggren, B. and T. Olofsson, *Referenshus för konsekvensanalyser*. 2017. SBUF-rapport.
41. Berggren, B. and M. Wall, Köldbryggor och Energiberäkningar - Behov av kunskapslyft, Bygg och Teknik. 2017.
42. Berggren, B., Normalisering av energianvändning - förstudie. 2018. SBUF-rapport.
43. Erlandsson, M., et al., Byggnaders klimatpåverkan, timme för timme – idag och i framtiden. 2018.